

有机肥替代化肥对设施蔬菜土壤质量提升的效果评价

袁奇¹, 章欢², 钟月华³, 何文文³, 徐聪³, 许仙菊³, 马洪波^{3*}

(1. 江苏省宿迁市宿城区园艺技术推广站, 江苏宿迁 223800; 2. 江苏大学农业装备学院, 江苏镇江 212013; 3. 江苏省农业科学院农业资源与环境所/农业农村部江苏耕地保育科学观测实验站, 江苏南京 210014)

摘要 为探讨有机肥替代化肥条件下的土壤质量特征, 通过建立 20 个设施蔬菜土壤监测点, 分析有机肥替代化肥前后的土壤理化指标, 再进行单因素描述和指数和法评价分析, 科学掌握设施蔬菜土壤的质量状况, 为合理的设施蔬菜土壤培肥措施提供理论依据。结果表明, 单因素评价得出有机肥替代化肥后, 土壤酸碱缓冲容量增加, 土壤有机质、有效磷和速效钾含量增加, 碱解氮处于较低水平, 蔬菜品质得到有效改善, 茄子和包菜的维生素 C 和可溶性糖含量增加, 硝酸盐含量降低, 指数和法评价得出有机肥替代化肥后的土壤质量得到有效提升, 表明有机肥替代化肥措施有利于土壤质量提升和可持续性。

关键词 有机肥替代化肥; 土壤质量; 蔬菜品质; 单因素评价; 指数和法评价

中图分类号 S158 文献标识码 A
文章编号 0517-6611(2022)12-0132-05
doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.12.034



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Evaluation of Replacement of Chemical Fertilizer with Organic Fertilizer on Soil Quality Improvement of Protected Vegetables
YUAN Qi¹, ZHANG Huan², ZHONG Yue-hua³ et al (1. Horticulture Extension Center of Sucheng District, Suqian, Jiangsu 223800; 2. College of Agricultural Equipment, Jiangsu University, Zhenjiang, Jiangsu 212013; 3. Institute of Agricultural Resource and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/ Scientific Observing and Experimental Station of Ministry of Agriculture and Rural Affairs (Jiangsu), Nanjing, Jiangsu 210014)

Abstract In order to explore the soil quality characteristics under the condition of chemical fertilizer replacement with organic fertilizer, 20 observation sites of vegetable soil were established to scientifically grasp the vegetable soil quality by analyzing the soil physical and chemical data before and after organic fertilizer replacing chemical fertilizer, and carrying out single factor and index evaluation analysis. It provided a theoretical basis for reasonable soil fertility of vegetables. The results showed that the soil acid-base buffer capacity increased, the contents of soil organic matter, available phosphorus and available potassium increased, the alkali hydrolyzable nitrogen was at a low level, the corresponding vegetable quality was effectively improved, the contents of vitamin C and soluble sugar of eggplant and cabbage increased, and the content of nitrate decreased after organic fertilizer replacing chemical fertilizer. The index method evaluation showed that the soil quality has been effectively improved after organic fertilizer replacing chemical fertilizer. It was suggested that organic fertilizer replacing chemical fertilizer was good for the improvement and sustainability of soil quality.

Key words Replacement of chemical fertilizer with organic fertilizer; Soil quality; Vegetable quality; Single factor evaluation; Index evaluation

设施蔬菜在我国农产品中具有举足轻重的地位, 能够全年满足人们餐桌上需求, 是农业现代化水平的重要标志之一^[1]。近几年, 我国的设施农业迅猛发展, 设施蔬菜的种植面积、产量位居世界第一^[2-3]。与国外主要农业国家相比, 我国蔬菜大棚生产强度高、化肥用量大、农药滥用均能造成设施蔬菜土壤质量下降^[4-5], 导致土壤有机质含量降低, 易发生盐渍化、酸化, 连作障碍严重, 进而导致设施蔬菜产量降低、品质不高的现象, 严重影响了全国设施蔬菜大棚的可持续发展^[6-7]。

为了提高土壤质量, 找到科学有效的土壤地力提升措施一直是科研部门研究的热点, 广泛应用的有效措施是施用有机肥^[8], 施用有机肥可以保证农产品高产甚至增产, 提升土壤质量和农产品品质, 同时可以减少氮磷等化肥施用过量造成的肥料利用率低和环境污染问题, 能够使土壤保持良好的物理结构, 进而保持生态平衡发展^[9-10]。徐明岗等^[11]研究发

现, 有机无机肥配施有利于提高土壤有机质含量, 与化肥相比明显提高土壤矿质氮含量, 改善土壤供氮特性, 从而有利于提高氮素利用率^[12]。可见, 有机无机肥配施改善土壤质量作用很明显。

土壤质量是土壤的本质特征, 直接影响农作物的生长、农产品产量、品质和效益^[13]。科学评价施用有机肥的土壤耕层肥力情况, 能够准确掌握土壤质量, 对农产品稳产增产及提升品质、保护耕地资源、减少环境污染、促进农业可持续发展具有十分重要的意义。近些年, 研究者主要研究聚焦在设施蔬菜的土壤质量评价上^[14-16], 有机肥替代化肥前后的设施蔬菜土壤质量评价很少。为促进设施蔬菜土壤的可持续发展, 笔者对宿城罗圩乡 20 个监测点进行取样调查, 评价设施蔬菜大棚有机肥施用前后的土壤养分状况, 针对不同地点的蔬菜大棚采取不同的培肥措施, 以期改善宿城区设施蔬菜的土壤肥力、提高蔬菜产量、提升蔬菜品质、改善生态环境提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 宿城区地处江苏省北部, 位于 118°10'07"~118°33'88"E, 33°47'25"~34°1'16"N, 北以中运河为界与湖滨新区相望, 总面积 941 km²。属于暖温带季风气候区, 年均降水量为 892.3 mm, 无霜期较长, 平均为 211 d, 年平均气温

基金项目 江苏省重点研发计划项目“高标准农田基础地力提升与肥水高效利用关键技术集成与示范”(BE2019378); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系资助国家甘薯产业技术体系资助(CARS-10-B9)。

作者简介 袁奇(1978—), 男, 陕西汉中人, 高级农艺师, 硕士, 从事农业技术推广工作。* 通信作者, 助理研究员, 硕士, 从事土壤质量管理研究。

收稿日期 2021-12-31

14.1 ℃,年均日照 2 315 h,宿城区处于平原地带,土壤类型为潮土。全区蔬菜播种面积约 1.57 万 hm²,总产量 59 万 t,总产值 12.97 亿元,同比增长 14.3%。其中设施蔬菜产值 9.7 亿元,同比增长 8.1%;罗圩乡大棚茄子面积达 200 hm²,效益 15 万元/hm² 以上。

1.2 监测点分布与土样采集 监测点分布在罗圩乡,约 333.33 hm² 的蔬菜大棚,主要对示范区开展有机肥替代化肥实施前后效果监测,共建立 20 个效果监测点(表 1)。试验处

表 1 蔬菜有机肥替代化肥效果监测点 GPS

Table 1 GPS of monitoring points for the effect of vegetable organic fertilizer replacing chemical fertilizer

监测点编号 Monitoring point No.	经纬度 Longitude and latitude	监测点编号 Monitoring point No.	经纬度 Longitude and latitude
1	118.267 756 E、33.787 232 N	11	118.280 013 E、33.784 037 N
2	118.267 739 E、33.787 357 N	12	118.271 947 E、33.731 462 N
3	118.267 692 E、33.786 137 N	13	118.271 432 E、33.731 527 N
4	118.267 373 E、33.788 505 N	14	118.272 644 E、33.731 414 N
5	118.267 593 E、33.789 619 N	15	118.273 511 E、33.731 531 N
6	118.274 220 E、33.787 162 N	16	118.274 253 E、33.731 551 N
7	118.275 014 E、33.787 297 N	17	118.260 685 E、33.738 082 N
8	118.274 020 E、33.790 143 N	18	118.261 398 E、33.738 067 N
9	118.274 806 E、33.790 099 N	19	118.277 964 E、33.799 025 N
10	118.279 617 E、33.784 007 N	20	118.278 728 E、33.798 982 N

1.3 测试指标与方法 土壤肥力指标测定方法:选择土壤 pH、碱解氮、有效磷、速效钾、有机质这 5 个能够代表土壤质量的指标作为测定指标,对项目实施前后示范区土壤质量进行评价。pH 测定用点位法,碱解氮测定用碱解扩散法,有效磷测定用钼锑抗比色法,速效钾测定用醋酸铵浸提火焰光度法,有机质测定用重铬酸钾外加热法。

农产品品质指标测定方法:采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定维生素 C 含量;采用紫外分光光度法测定硝酸盐含量;采用盐酸水解-铜还原直接滴定法测定水溶性糖总量。

1.4 土壤质量评价方法 采用单因子评价与综合评价 2 种方法分别对项目实施前后示范区土壤质量状况进行评价,单

理共 2 个,处理①为化肥对照,复合肥(15:15:15)用量为 900 kg/hm²,处理②为有机肥替代化肥 20%,复合肥(15:15:15)用量为 720 kg/hm²,商品有机肥施用 7.5 t/hm²;在项目实施前后(2018 年 12 月 5 日和 2019 年 3 月 8 日)分别以 GPS 定位信息来确定大棚点位,取多点(5~10 个点)随机采样表层土壤(0~20 cm)混合,4 分法留取约 1 kg 样品,土壤样品风干、研磨,过 10 和 100 目土壤筛后进行养分分析。

因子评价^[17] 分别对土壤 pH、碱解氮、有效磷、速效钾、有机质这 5 项指标变化情况进行评判,分析项目实施效果。综合评价则选择指数和法^[18] 对项目实施前后示范区肥力状况进行综合评价。

2 结果与分析

2.1 单项指标评价

2.1.1 土壤 pH。土壤 pH 是限制作物生长及品质的重要因素,大多数的作物均不耐太酸或太碱的土壤。由表 2 可知,示范区 20 个监测点的 pH 平均值从 7.95 降低到 7.89,可见,项目实施使得土壤 pH 更趋于中性,有利于土壤 pH 等级提升。

表 2 项目实施前后示范区采样点土壤肥力指标

Table 2 Soil fertility indexes at sampling points in the demonstration area before and after the implementation of the project

项目 Item	pH		碱解氮 Available N//mg/kg		有效磷 Available P//mg/kg		速效钾 Available K//mg/kg		有机质 Organic matter//g/kg	
	项目实 施前	项目实 施后	项目实 施前	项目实 施后	项目实 施前	项目实 施后	项目实 施前	项目实 施后	项目实 施前	项目实 施后
最大值 Maximum value	8.37	8.44	160.93	123.20	174.27	203.28	218.00	427.00	26.13	28.11
最小值 Minimum value	7.63	6.96	55.44	68.53	29.93	19.22	30.00	49.00	5.78	10.22
平均值 Average	7.95	7.89	112.95	98.25	87.97	94.81	118.15	202.25	16.86	19.30
标准差 Standard deviation	0.14	0.24	22.94	15.53	37.48	35.56	38.33	86.45	3.75	3.70
变异系数 VC//%	1.85	3.13	20.31	15.81	42.61	37.51	32.44	42.74	22.26	19.17

2.1.2 碱解氮。碱解氮包括无机态氮和结构简单能为作物直接吸收利用的有机态氮,能反映近期土壤的氮素供应能力。由表 2 可知,示范区监测点在项目实施后碱解氮含量平均值从 112.95 mg/kg 降至 98.25 mg/kg。可见,项目实施会降

低土壤碱解氮含量。

2.1.3 有效磷。有效磷是指土壤中可被植物吸收利用的磷的总称,是土壤磷素养分供应水平的指标。从表 2 可以看出,项目实施前,20 个监测点的有效磷含量平均值为

87.97 mg/kg,项目实施后,提高到 94.81 mg/kg,增加了 7.78%。可见,项目实施会增加土壤有效磷含量。

2.1.4 速效钾。速效钾是指土壤中易被作物吸收利用的钾素,速效钾含量是表征土壤钾素供应状况的重要指标之一。从表 2 可以看出,项目实施前,20 个样点的速效钾含量平均值为 118.15 mg/kg,项目实施后,20 个样点的速效钾含量平均值为 202.25 mg/kg,增加了 71.18%,可见,项目实施会较大幅度地增加示范区的土壤速效钾含量。

2.1.5 有机质。土壤有机质是指各种形态存在于土壤中的所有含碳的有机物质,土壤肥力主要取决于有机质含量。从表 2 可以看出,项目实施前,20 个监测点的土壤有机质含量平均值为 16.86 g/kg,项目实施后,提高到 19.30 g/kg,增幅 14.47%。可见,项目实施能够增加土壤有机质含量。

2.2 综合评价 土壤质量指标是耕地分等指标的重要组成部分。耕地分等中土壤指标的选择应遵循稳定性、空间变异性、主导性、生产性原则。主成分分析、相关分析、土壤特性响应时间、变异系数等方法是在选取耕地分等指标的科学定量方法,但最有效的耕地分等指标体系选取方法应根据土壤学研究成果和生产实践经验。而指数和法是综合评价耕地等级的有效方法。

土壤养分指标分值是指根据某项诊断指标的级别确定的对于耕地质量而言的分数,其值越大,说明该耕地在这方面的质量越好,有机质含量划分为 5 个等级,分别为<5 g/kg、5~10 g/kg、10~15 g/kg、15~20 g/kg、>20 g/kg,分别打分 20、40、60、80、100,碱解氮、有效磷、速效钾均划分为 5 个等级,分别为<50 mg/kg、50~100 mg/kg、100~150 mg/kg、150~200 mg/kg、>200 mg/kg,分别打分 20、40、60、80、100,pH 划分为 5 个等级,分别为<4.0、4.0~5.0、5.0~6.0、6.0~6.5、6.5~8.0,分别打分 20、40、60、80、100。土壤指标权重是指各项土壤指标对耕地质量影响的大小,对 5 个肥力指标权重均设为 1/5,综合得分由各养分指标得分分别与权重乘积再求和得到。

土壤等级可通过主成分综合得分区间来划分:I(好)75~100,II(中等)50~75,III(较差)25~50,IV(很差)0~25。

由表 3 可知,有机肥替代化肥后,监测点 1 土壤质量总得分提高了 12 分,质量等级无变化,监测点 2、监测点 3、监测点 4、监测点 5、监测点 6、监测点 9、监测点 13、监测点 16 和监测点 18 的土壤质量总得分和质量等级均无变化,监测点 7 土壤质量总得分提高了 12 分,质量等级从Ⅱ级升高到Ⅰ级,监测点 8 土壤质量总得分提高了 24 分,质量等级从Ⅱ级升高到Ⅰ级,监测点 10 土壤质量总得分提高了 24 分,质量等级从Ⅱ级升高到Ⅰ级,监测点 11 和 12 土壤质量总得分分别提高了 20 和 16 分,质量等级均无变化,监测点 14 土壤质量总得分提高了 8 分,质量等级从Ⅱ升高到Ⅰ级,监测点 15 土壤质量总得分提高了 8 分,质量等级无变化,监测点 17 土壤质量总得分提高了 4 分,质量等级无变化,监测点 19 土壤质量总得分提高了 8 分,质量等级无变化,监测点 20 土壤质量总得分提高了 12 分,质量等级从Ⅱ升高到Ⅰ级。总体来看,20 个监测点有

9 个土壤质量无变化,11 个土壤质量总得分提高,其中有 5 个监测点土壤质量等级提高了 1 个等级,表明有机肥替代化肥有利于土壤质量的提升。

表 3 各样点综合得分和土壤质量排名

Table 3 Comprehensive score and soil quality ranking of various points

编号 No.	实施前 Before implementation		实施后 After implementation	
	总得分 Total score	质量等级 Quality grade	总得分 Total score	质量等级 Quality grade
1	60.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
2	68.00	Ⅱ	68.00	Ⅱ
3	72.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
4	68.00	Ⅱ	68.00	Ⅱ
5	56.00	Ⅱ	56.00	Ⅱ
6	80.00	I	80.00	I
7	72.00	Ⅱ	84.00	I
8	56.00	Ⅱ	80.00	I
9	72.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
10	56.00	Ⅱ	80.00	I
11	52.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
12	56.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
13	76.00	I	76.00	I
14	68.00	Ⅱ	76.00	I
15	60.00	Ⅱ	68.00	Ⅱ
16	72.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
17	68.00	Ⅱ	72.00	Ⅱ
18	64.00	Ⅱ	64.00	Ⅱ
19	80.00	I	88.00	I
20	72.00	Ⅱ	84.00	I

2.3 农产品品质评价 由表 4、5 可知,对施用化肥和有机肥替代化肥的 20 个监测点进行统计分析,结果表明,有机肥替代化肥后,包菜的 V_c 平均含量提高了 11.05%,可溶性糖平均含量增加了 6.06%,硝酸盐平均含量降低了 1.24%,茄子的 V_c 平均含量提高了 19.00%,可溶性糖平均含量增加了 8.33%,硝酸盐平均含量降低了 5.65%。根据国家 GB 19338—2003 蔬菜中硝酸盐限量标准,茄果类蔬菜硝酸盐要小于 440 mg/kg,叶菜类蔬菜硝酸盐要小于 3 000 mg/kg,项目实施后的包菜和茄子均符合国家硝酸盐限量标准,且项目实施对提高蔬菜品质有明显的促进效应,表现在无论是茄子还是包菜,均增加了 V_c 和可溶性糖含量,降低了硝酸盐含量。

3 讨论

3.1 有机肥替代化肥对土壤肥力的影响 土壤肥力是土壤化学、生物和物理等特性的综合体现,土壤肥力的综合评价是判断设施蔬菜土壤质量的有效手段^[19]。张建军等^[20]进行 11 年的长期定位试验发现,有机肥替代化肥能够提高土壤有机质、全钾、全磷、全氮、速效钾、有效磷、碱解氮含量。陈志龙等^[21]研究发现,与常规化肥相比,施用有机肥替代化肥 20%~40%,可提高土壤矿质氮和有效磷含量。董文等^[22]研究表明,有机肥替代化肥可以提高土壤养分有效性,优化土壤物理结构,提高土壤酸碱缓冲能力。该研究结果表明,有机肥替代化肥可以提高土壤有机质、有效磷、速效钾含量,土壤 pH 更趋于中性,提高了土壤 pH 的缓冲性能,与张建军

等^[20]、陈志龙等^[21]、董文等^[22]的研究结果一致,但该研究有较短有关,需要长期定位试验进一步研究。

机肥替代化肥的土壤碱解氮含量下降,可能与项目实施时间

表 4 有机肥替代化肥后农产品品质

Table 4 Quality of agricultural products after organic fertilizer replacing chemical fertilizer

编号 No.	作物 Crop	化肥 Chemical fertilizer			有机肥替代化肥 Organic fertilizer instead of chemical fertilizer		
		V _c mg/kg	可溶性糖 Total soluble sugar//%	硝酸盐 Nitrate mg/kg	V _c mg/kg	可溶性总糖 Total soluble sugar//%	硝酸盐 Nitrate mg/kg
1	包菜	223.0	4.0	4 351.0	254.2	4.5	575.81
2	包菜	210.5	4.3	6 202.9	208.9	3.9	616.91
3	包菜	185.4	3.6	6 036.7	224.3	4.2	445.70
4	茄子	18.1	4.2	1 304.3	22.0	4.3	180.21
5	茄子	17.7	4.9	1 445.8	23.8	4.7	107.62
6	茄子	22.6	4.1	2 147.9	20.9	4.9	125.39
7	茄子	21.3	4.9	1 714.2	17.5	4.9	104.47
8	茄子	17.9	4.1	2 051.5	29.2	5.1	124.75
9	茄子	18.8	4.5	1 808.9	22.7	5.5	117.07
10	茄子	22.3	4.2	1 707.5	20.7	4.2	196.24
11	茄子	19.1	4.1	1 714.2	30.8	5.1	189.45
12	茄子	17.2	5.0	1 664.6	33.8	4.0	219.12
13	茄子	25.0	4.3	1 527.8	34.6	5.3	168.25
14	茄子	18.9	4.3	1 595.2	19.2	4.3	170.36
15	茄子	22.8	4.5	1 503.9	14.0	5.0	205.88
16	茄子	17.7	4.5	1 807.5	18.9	5.0	171.71
17	茄子	22.5	4.2	1 746.8	24.9	5.2	149.73
18	茄子	21.3	5.0	1 613.9	23.9	5.0	155.00
19	茄子	17.5	4.1	1 624.2	29.8	4.1	164.03
20	茄子	19.6	4.6	1 713.9	18.1	5.2	157.74

表 5 有机肥替代化肥的蔬菜品质

Table 5 Vegetable quality of organic fertilizer replacing chemical fertilizer

作物 Crops	V _c //mg/kg		可溶性糖 Total soluble sugar//%		硝酸盐 Nitrate//mg/kg	
	化肥 Chemical fertilizer	有机替代 Organic substitution	化肥 Chemical fertilizer	有机替代 Organic substitution	化肥 Chemical fertilizer	有机替代 Organic substitution
包菜 Cabbage	206.3	229.1	3.96	4.20	553.02	546.14
茄子 Eggplant	20.0	23.8	4.44	4.81	168.77	159.23

3.2 有机肥替代化肥的土壤质量综合评价 为了科学掌握有机肥替代化肥对土壤质量的影响,需要对土壤肥力指标进行综合评价。丁晓娟^[23]研究了泗洪县有机肥部分替代化肥对蔬菜地土壤肥力的提升效果,结果表明,通过指数和法综合评价土壤质量发现,有机肥部分替代无机肥实施后,80%的泗洪县供试蔬菜土壤质量等级由“中等”等级(Ⅱ级)提升到“好”等级(Ⅰ级)。李司童等^[24]研究表明,通过主成分分析发现有机肥替代化肥对土壤综合肥力影响主要因子为速效钾、速效磷、碱解氮及有机质,综合肥力评价显示有机肥替代化肥 70%效果最佳,有机肥替代化肥 30%次之。杨忠赞等^[25]进行了有机肥替代化肥对土壤理化性状及产量的综合评价研究,发现有机肥替代化肥 30%既能维持作物产量,又能优化资源配置,提高肥料利用率,改善土壤理化性状。该研究结果发现,通过指数和法综合评价得到 20 个监测点有 11 个监测点土壤质量总得分提高,其中有 5 个监测点土壤质量等级由Ⅱ级提高到Ⅰ级,通过有机无机配施手段的土壤质量也得到有效提升,表明有机肥替代化肥能够有效改善土壤

质量。

3.3 有机肥替代化肥对农产品品质的影响 汤桂容等^[26]研究发现有机肥替代化肥 20%可提高蔬菜中 V_c 和可溶性糖含量,降低硝酸盐含量,整体提升蔬菜品质。罗佳等^[27]研究了有机肥替代化肥对生菜产量和品质的影响,结果发现,有机肥替代化肥 40%时,提高了生菜的可溶性蛋白含量和可溶性糖含量。张宇等^[28]研究表明,有机肥替代化肥 25%在稳产下可降低大蒜的硝酸盐含量,提高可溶性糖含量。徐丽萍^[29]研究了有机无机配施对大白菜产量、品质及土壤肥力的影响,结果表明有机肥替代化肥可以降低大白菜可溶性糖含量,同时通过降低大白菜硝酸还原酶活性,也降低了大白菜中的硝酸盐含量。该研究结果表明,有机肥替代化肥降低了茄子和包菜硝酸盐含量,增加了茄子和包菜维生素 C 和可溶性糖含量,与大多数研究结果一致^[26-28,30],表明有机肥替代化肥能够有效地改善设施蔬菜的品质。

4 结论

有机肥替代化肥后,20 个监测点土壤 pH 整体均以弱酸

性为主,整体 pH 等级较好且分布较为均匀,项目实施后,土壤 pH 趋向中性,更趋于稳定均衡。可见,有机肥替代化肥,一定程度上增加了示范区的土壤缓冲性能,土壤碱解氮降低,有效磷、速效钾和有机质增幅较大,对土壤养分和质量提升有较大的促进作用。与化肥相比,有机肥替代化肥处理的包菜和茄子可溶性糖和维生素 C 含量增加,硝酸盐含量降低,蔬菜品质得到了较大改善。

采用指数和法对 20 个监测点土壤质量进行划分的结果表明,项目实施对示范区采样点土壤质量等级均有较好的正效应,指数和法的分级数值则来自对各养分指标分别打分得到的综合得分,有机肥替代化肥对土壤质量影响的正效应趋势已经有所体现。

参考文献

- [1] 张志斌.我国设施蔬菜存在的问题及发展重点[J].中国蔬菜,2008(5): 1-3.
- [2] 郭玲娟,史晋鹏,韩会会,等.我国现代设施蔬菜产业建设要点及生产管理[J].上海蔬菜,2019(6):12-15,22.
- [3] 刘文科.我国设施蔬菜产业提质增效的方法与措施[J].农业工程技术,2019,39(10):28-32.
- [4] SCHROEDER H A, BALASSA J J. Cadmium: Uptake by vegetables from superphosphate in soil[J]. Science, 1963, 140(3568): 819-820.
- [5] JU X T, KOU C L, CHRISTIE P, et al. Changes in the soil environment from excessive application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain[J]. Environmental pollution, 2007, 145(2): 497-506.
- [6] 周勇.设施农业发展与蔬菜病虫害防治策略探析[J].农家参谋,2019(22):36.
- [7] 连青龙,张跃峰,丁小明,等.我国北方设施蔬菜质量安全现状与问题分析[J].中国蔬菜,2016(7):15-21.
- [8] 李娟,赵秉强,李秀英,等.长期有机无机肥料配施对土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J].中国农业科学,2008,41(1):144-152.
- [9] 任凤玲,张旭博,孙楠,等.施用有机肥对中国农田土壤微生物量影响的整合分析[J].中国农业科学,2018,51(1):119-128.
- [10] 臧逸飞,郝明德,张丽琼,等.26 年长期施肥对土壤微生物量碳、氮及土壤呼吸的影响[J].生态学报,2015,35(5):1445-1451.

(上接第 62 页)

4 结论

(1) 不同水体条件下阿特拉津和 PCB-77 对蛋白核小球藻的生长抑制作用存在差异,总体呈随浓度增加抑制作用增长速率先增强后减弱的趋势。

(2) 天然水体对有机氯污染物藻类毒性存在影响,观山湖水体显著减小了阿特拉津和 PCB-77 的 96 h-IC₅₀ 值,即增强了 2 种有机氯污染物的毒性效应;天河潭水体显著减小了阿特拉津的 96 h-IC₅₀ 值,增大了 PCB-77 的 96 h-IC₅₀ 值,即增强了阿特拉津毒性效应,削弱了 PCB-77 毒性效应。

(3) 不同的天然有机质对不同的污染物作用有所不同,作用效果主要依赖于天然有机质和污染物的性质。

参考文献

- [1] 沈宏,周培疆.环境有机污染物对藻类生长作用的研究进展[J].水生生物学报,2002,26(5):529-535.
- [2] 张嘉雯,魏健,吕一凡,等.衡水湖沉积物中典型持久性有机污染物污染特征与风险评估[J].环境科学,2020,41(3):1357-1367.
- [3] 刘莎.水中持久性有机污染物的监测与治理[J].中国资源综合利用,2019,37(6):159-161.
- [4] 叶凯,孙玉川,贾亚男,等.岩溶地下水水体中有机氯农药和多氯联苯的残留特征及健康风险评价[J].环境科学,2020,41(12):5448-5457.
- [5] 段志刚.持久性有机污染物在中国的环境监测现状[J].科技经济导刊,

- [11] 徐明岗,李冬初,李菊梅,等.化肥有机肥配施对水稻养分吸收和产量的影响[J].中国农业科学,2008,41(10):3133-3139.
- [12] 张小莉,孟琳,王秋君,等.不同有机无机复混肥对水稻产量和氮素利用率的影响[J].应用生态学报,2009,20(3):624-630.
- [13] 牛越先.山西省坝地土壤肥力质量评价[J].水土保持学报,2010,24(5):262-265,271.
- [14] 金晟,朴成淳,商照聪,等.山东省寿光市设施蔬菜大棚土壤质量调查与评价:亲土在线-农业土壤治理大数据平台(上)[J].肥料与健康,2020,47(2):22-26.
- [15] 王秋君,马艳,郭德杰,等.设施蔬菜土壤养分状况分析及综合评价[J].江苏农业学报,2019,35(3):624-630.
- [16] 蔡嘉慧.蔬菜设施集约化种植对土壤质量的影响与评价:以昆明市晋宁区为例[D].昆明:云南大学,2019.
- [17] 赵满兴,曹阳阳,焦佳斌,等.延安新区(北区)道路绿地土壤肥力质量评价[J].中国农学通报,2018,34(27):130-136.
- [18] 孙雪亮,赵建港,余勤飞,等.新疆某露天矿排土场土壤质量分级评价[J].金属矿山,2021(8):178-185.
- [19] 刘虎,魏占民,王振宇,等.天津经济技术开发区土壤肥力评价的研究[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2009,30(3):90-94.
- [20] 张建军,樊廷录,赵刚,等.不同有机物料与部分化肥长期定位配合施用对土壤养分的调控效应[J].中国土壤与肥料,2018(3):85-91.
- [21] 陈志龙,陈杰,许建平,等.有机肥氮替代部分化肥氮对小麦产量及氮肥利用率的影响[J].江苏农业科学,2013,41(7):55-57.
- [22] 董文,张青,罗涛,等.不同有机肥连续施用对土壤质量的影响[J].中国农学通报,2020,36(28):106-110.
- [23] 丁晓娟.江苏泗洪县有机肥部分替代化肥对蔬菜地土壤肥力的提升效果[J].农业工程技术,2020,40(23):21-22.
- [24] 李司童,毛凯伦,韦成才,等.蚯蚓粪肥替代部分化肥对连作烟田土壤肥力的影响及评价[J].华北农学报,2018,33(S1):238-245.
- [25] 杨忠赞,迟凤琴,匡恩俊,等.有机肥替代对土壤理化性状及产量的综合评价[J].华北农学报,2019,34(S1):153-160.
- [26] 汤桂容,周旋,田昌,等.有机无机氮肥配施对蔬菜产量、品质及经济效益的影响[J].生态学杂志,2017,36(5):1292-1299.
- [27] 罗佳,黄兴学,林处发,等.有机肥替代部分化肥对生菜产量和品质的影响[J].农业开发与装备,2018(9):126-128.
- [28] 张宇,樊小雪,徐刚,等.不同氮肥与有机肥配施对蒜产量及品质的影响[J].江苏农业科学,2019,47(5):114-117.
- [29] 徐丽萍.塑料大棚栽培下有机无机配施对大白菜产量、品质及土壤肥力的影响[J].江苏农业科学,2021,49(6):109-114.
- [30] 何翠,曾旭,金鑫,等.丢糟有机肥与化肥配施对大头菜产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2020,48(1):167-169.

2018,26(23):111.

- [6] 王静.有机氯农药残留的危害及改善措施[J].湖南农业,2020(8):36.
- [7] DELORENZO M E, LAUTH J, PENNINGTON P L, et al. Atrazine effects on the microbial food web in tidal creek mesocosms[J]. Aquatic toxicology, 1999, 46(3/4):241-251.
- [8] 刘畅,吴文娟,李建宏,等.不同光强对阿特拉津和百草枯藻类毒性的影响[J].环境科学学报,2014,34(5):1339-1343.
- [9] 曾莎莎,梁延鹏,覃礼堂,等.有机磷农药对蛋白核小球藻的毒性相互作用研究[J].生态毒理学报,2019,14(4):121-129.
- [10] BHARTE S, DESAI K. The enhanced lipid productivity of *Chlorella minutissima* and *Chlorella pyrenoidosa* by carbon coupling nitrogen manipulation for biodiesel production[J]. Environmental science and pollution research, 2019, 26(4):3492-3500.
- [11] 环境保护部.水质 总有机碳的测定 燃烧氧化-非分散红外吸收法: HJ 501—2009[S].北京:中国环境科学出版社,2009.
- [12] KUBICKI J D, APITZ S E. Models of natural organic matter and interactions with organic contaminants[J]. Organic geochemistry, 1999, 30(8):911-927.
- [13] 张帅. NOM 和 TiO₂ 纳米颗粒对有机氯污染物藻类毒性与富集的影响[D].南京:河海大学,2016.
- [14] YU H, HUANG G H, WEI J, et al. Solubilization of mixed polycyclic aromatic hydrocarbons through a rhamnolipid biosurfactant[J]. Journal of environmental quality, 2011, 40(2):477-483.
- [15] 余刚,周隆超,黄俊,等.持久性有机污染物和《斯德哥尔摩公约》履约[J].环境保护,2010,38(23):13-15.
- [16] 王佩华,赵大伟,聂春红,等.持久性有机污染物的污染现状与控制对策[J].应用化工,2010,39(11):1761-1765.